



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS KETELITIAN *POINT CLOUDS* KOMBINASI  
TEKNOLOGI *TERRESTRIAL LASER SCANNER* DAN *UNMANNED  
AERIAL VEHICLE*  
(STUDI KASUS: DEKANAT LAMA FAKULTAS TEKNIK)**

**TUGAS AKHIR**

**SEKAR MELATI RAMADHANI  
21110116140078**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG  
JANUARI 2021**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS KETELITIAN *POINT CLOUDS* KOMBINASI  
TEKNOLOGI *TERRESTRIAL LASER SCANNER* DAN *UNMANNED  
AERIAL VEHICLE*  
(STUDI KASUS : DEKANAT LAMA FAKULTAS TEKNIK)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata – 1)**

**SEKAR MELATI RAMADHANI  
21110116140078**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG  
JANUARI 2021**

## **HALAMAN PERNYATAAN**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip  
maupun dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : SEKAR MELATI RAMADHANI**  
**NIM : 2111011610078**  
**Tanda Tangan : **  
**Tanggal : Januari 2021**

## HALAMAN PENGESAHAN



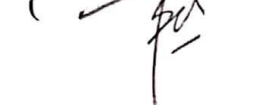
Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : SEKAR MELATI RAMADHANI  
NIM : 21110116140078  
PROGRAM STUDI : TEKNIK GEODESI  
Judul Skripsi :

**ANALISIS KETELITIAN *POINT CLOUDS* KOMBINASI  
TEKNOLOGI *TERRESTRIAL LASER SCANNER* DAN *UNMANNED  
AERIAL VEHICLE*  
(STUDI KASUS: DEKANAT LAMA FAKULTAS TEKNIK)**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1 pada Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Yudo Prasetyo, ST., MT.  
Pembimbing 2 : Nurhadi Bashit, S.T., M.Eng.  
Penguji 1 : Dr. Yudo Prasetyo, ST., MT.  
Penguji 2 : Bandi Sasmito, ST., MT.

()  
()  
()  
()

Semarang, Januari 2021

Departemen Teknik Geodesi  
Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro  
Ketua,



Dr. Yudo Prasetyo, ST., MT.  
NIP : 197904232006041001

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya,

*Margono*

&

*Siti Rahayu*

Dan kedua saudara saya,

*Reza Filia Hanif*

&

*Bintang Ahmad Ramadhan*

Terimakasih atas segala do'a, semangat dan dukungan selalu  
diberikan kepada saya

Dan Kepada

*Alm. Adi Surip*

terimakasih simbah

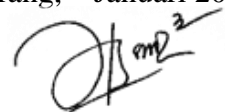
## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, Pencipta dan Pemelihara alam semesta, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tak akan pernah berhenti. Tugas akhir ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin Penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dan yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Nurhadi Bashit, ST., M.Eng., yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Abdi Sukmono, ST., MT selaku Dosen Wali yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada saya selama duduk di bangku kuliah ini.
4. Bapak Bandi Sasmito, ST., MT selaku Dosen penguji yang telah memberikan arahan dan koreksi dalam tahap akhir penyelesaian tugas akhir ini.
5. Kedua Orang tua, kakak dan adik saya yang selalu mendo'akan saya.
6. ERTIM yang telah bekerjasama dengan saya sehingga akuisisi data dapat terlaksana dengan Baik
7. Seluruh Keluarga Geodesi 2016 yang menjadi keluarga saya selama di Semarang.
8. Teman organisasi saya baik di HM Teknik Geodesi, Rohis Athlas, Izzati, IMM Ibnu Sina yang telah membentuk saya menjadi pribadi saya yang sekarang.
9. Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik berupa material maupun spiritual serta membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya, Penulis berharap semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan yang Penulis dalami.

Semarang, Januari 2021



Sekar Melati Ramadhani  
NIM:21110116140078

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SEKAR MELATI RAMADHANI  
NIM : 21110116140078  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK GEODESI  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : SKRIPSI

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneeksklusif Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS KETELITIAN *POINT CLOUDS* KOMBINASI  
TEKNOLOGI *TERRESTRIAL LASER SCANNER* DAN *UNMANNED  
AERIAL VEHICLE*  
(STUDI KASUS: DEKANAT LAMA FAKULTAS TEKNIK)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Semarang, Januari 2021

Yang menyatakan



Sekar Melati Ramadhani

NIM. 21110116140078

## ABSTRAK

*Point clouds* adalah kumpulan titik yang memiliki informasi koordinat X, Y, Z, biasa digunakan sebagai acuan 3 dimensi baik untuk pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM), *Digital Surface Model* (DSM) *modelling* atau *meshing*. Teknologi untuk membuat model 3D dan *mesh* pada saat ini semakin berkembang, sehingga tuntutan pembuatan model 3D atau *mesh* semakin diperhatikan ketelitiannya. Ketelitian model 3D dan *mesh* bergantung pada ketelitian *point clouds*, semakin teliti *point clouds*, semakin teliti pula model 3D atau *mesh* yang dibuat, sehingga perlu adanya penelitian untuk mengetahui ketelitian *point clouds*. Akuisisi *point clouds* dapat dilakukan menggunakan beberapa metode yang memiliki karakteristik berbeda. Pemilihan metode dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal bergantung pada tantangan pekerjaan yang ada. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah berdasarkan kondisi geografis wilayah contohnya pada wilayah yang sempit, dimana sulit untuk dilakukan akuisisi data secara sempurna pada kasus ini *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) untuk akuisisi gedung di daerah yang sempit akan sulit mendapatkan data bagian atap karena keterbatasan arah gerak. Peneliti memberi solusi untuk mengkombinasikan TLS untuk data bagian sisi gedung dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) melengkapi data bagian atap gedung. Penelitian ini fokus untuk mengetahui kualitas dan ketelitian kombinasi *point clouds* hasil akuisisi UAV DJI Phantom 4 Pro pada bagian atap Dekanat Lama Fakultas Teknik dengan *point clouds* hasil akuisisi data menggunakan TLS Leica BLK360 pada bagian sisi Dekanat lama fakultas teknik. Data UAV diolah sampai membentuk *point clouds*, kemudian data TLS diolah dan dikombinasikan dengan data *point clouds* UAV menggunakan metode *cloud to cloud* sehingga terbentuk kombinasi *Point clouds* Dekanat Lama Fakultas Teknik bagian atap dan sisi gedung. Hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa kombinasi UAV dan TLS saling melengkapi dan memiliki ketelitian kombinasi *point clouds* *Terrestrial Laser Scanner* dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Dekanat Lama Fakultas Teknik yang baik dengan RMSE jarak sebesar 0,036 m dan RMSE ICP antara lain RMSE<sub>x</sub> 0,044m, RMSE<sub>y</sub> 0,027, RMSE<sub>z</sub> 0,066 RMSE<sub>xy</sub> 0,052 dan RMSE<sub>xyz</sub> 0,084 m.

**Kata Kunci:** Ketelitian, Kombinasi, *Point Clouds*, *Terrestrial Laser Scanner*, *Unmanned Aerial Vehicle*



## ABSTRACT

*Point clouds are a collection of points that have X, Y, Z coordinate information. Point clouds are using for a 3-dimensional reference frame for Digital Elevation Model (DEM), digital surface model (DSM) modeling, and meshing. In this era, modeling and meshing are developing, so the demands of making models or mesh are getting more attention. This role of point clouds means that it is needed to know the accuracy of point clouds measurements because if the point clouds has good accuracy, we can get the more accurate the model or mesh. Point clouds acquisition is getting using several methods that have their characteristics. We can choose the method by considering several things depending on the existing job challenges. One of the challenges faced is based on the geographical conditions of the area, for example, in a narrow region where it is not easy to acquire data flawlessly. In this case, building data acquisition using Terrestrial Laser Scanner (TLS) in the narrow region. It is difficult to get roof data because the direction of motion is limited. The researcher provides a solution to combine TLS for building side data with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to complement building roof section data. This research focuses on knowing the quality and accuracy of point clouds combinations obtained by using DJI Phantom 4 pro Unmanned Aerial Vehicle (UAV) aerial photos for the roof of the old Dean of the engineering faculty with the point clouds. The results of data acquisition using the Leica BLK360 Terrestrial Laser Scanner (TLS) for the old Dean of the engineering faculty. UAV data is processed to form point clouds, then TLS data is processed and combined with UAV point clouds data using the cloud to cloud method to get a combination of Point clouds, the old Dean of the engineering faculty on the roof and sides of the building. The results of this study indicate that the combination of UAV and TLS is complimentary. The accuracy of the combination of point clouds Terrestrial Laser Scanner and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) of the old Dean of the engineering faculty by combining technology with RMSE with a distance of 0.036 m and RMSE ICP, including RMSE<sub>x</sub> 0.044m, RMSE<sub>y</sub> 0.027, RMSE 0.066 RMSE<sub>xy</sub> 0.052 and RMSE<sub>xyz</sub> 0.084m.*

**Keywords:** Accuracy, Combination, Point Clouds, Terrestrial Laser Scanner, Unmanned Aerial Vehicle

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I     PENDAHULUAN.....	18
I.1.    Latar Belakang .....	18
I.2.    Rumusan Masalah.....	20
I.3.    Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	20
I.4.    Pembatasan Masalah.....	21
I.5.    Ruang Lingkup Penelitian.....	21
I.6.    Metodologi Penelitian.....	22
I.7.    Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....	25
BAB II     TINJAUAN PUSTAKA .....	Error! Bookmark not defined.
II.1.    Kajian Penelitian Terdahulu .....	Error! Bookmark not defined.
II.2.    Kajian Geografis Wilayah Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
II.3. <i>Point Clouds</i> .....	Error! Bookmark not defined.
II.4.    Teknologi <i>Terrestrial Laser Scanner</i> (TLS).....	Error! Bookmark not defined.
II.4.1.    Konsep Dasar TLS.....	Error! Bookmark not defined.
II.4.2.    Metode Registrasi TLS .....	Error! Bookmark not defined.
II.5.    TLS Leica BLK360.....	Error! Bookmark not defined.
II.5.1.    Spesifikasi.....	Error! Bookmark not defined.
II.5.2.    Kualitas dan Ketelitian .....	Error! Bookmark not defined.
II.5.3.    Kalibrasi TLS Leica BLK360.....	Error! Bookmark not defined.

II.6.	Fotogrametri.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.6.1.	Konsep Dasar Fotogrametri.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.6.2.	Foto Tegak dan Foto Miring.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.7.	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.7.1.	Sistem Kerja UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.7.2.	Kalibrasi UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.7.3.	DJI Phantom .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.8.	Poligon Tertutup .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.9.	<i>Total station</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.9.1.	Spesifikasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.9.2.	Kalibrasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.10.	Sistem Referensi dan Georeferensi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.10.1.	<i>Ground Control Point (GCP)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.10.2.	<i>Independent Check Points (ICP)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.11.	Agisoft PhotoScan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.12.	Autodesk ReCap .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.13.	CloudCompare .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.14.	Standar Akurasi Model .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.15.	Uji Validasi Jarak dengan <i>Total station</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.16.	Uji Tingkat Ketelitian Model.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.1.	Tahapan Persiapan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.1.1.	Studi literatur .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.1.2.	Survei Pendahuluan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.1.3.	Persiapan Alat.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2.	Tahap Akuisisi Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2.1.	Pengukuran Poligon dan Titik Validasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2.2.	Akuisisi Data UAV ( <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> )	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2.3.	Akuisisi Data TLS ( <i>Terrestrial Laser Scanner</i> )	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.	Tahapan Pengolahan Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.1.	Perhitungan Poligon .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

III.3.2. Pengolahan Data UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.3. Pengolahan Data TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.4. <i>Filtering</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.5. Kombinasi data UAV dan TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.3.6. Pembuatan Model <i>Mesh</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.4. Tahap Analisis Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.4.1. Uji Tingkat Ketelitian <i>Point Clouds</i> menggunakan uji validasi jarak....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.4.2. Uji Tingkat Ketelitian <i>Point Clouds</i> menggunakan uji akurasi posisi 3D	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.5. <i>Layouting</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.1. Hasil dan Analisis Perhitungan Poligon .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.2. Hasil dan Analisis Pengolahan UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.3. Hasil dan Analisis Pengolahan Data TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.4. Hasil dan Analisis <i>Filtering</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.5. Hasil dan Analisis Kombinasi UAV dan TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.6. Hasil dan Analisis Pembuatan Model <i>Mesh</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.7. Hasil dan Analisis Uji Validasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.7.1. Uji Validasi Jarak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.7.2. Uji Akurasi Posisi 3D .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>1</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>L-Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Diagram Alir Penelitian .....	22
Gambar II-1 Dekanat Lama Fakultas Teknik .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-2 Ilustrasi <i>Point Clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-3 Alat TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-4 Ilustrasi Registrasi pada 2 posisi berdiri alat ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-5 Contoh model target .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-6 Metode <i>traverse</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-7 Metode <i>Cloud to Cloud</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-8 TLS Leica BLK360 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-9 Foto Udara berdasarkan sumbu kamera .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-10 Poligon tertutup .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar II-11 Validasi jarak pada sisi objek .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-1 Rencana Titik Poligon .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-2 Rencana GCP dan ICP .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-3 Contoh Titik Validasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-4 Sertifikat Kalibrasi <i>Total station</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-5 Proses Kalibrasi UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-6 <i>New Project</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-7 <i>Beri Nama dan Pilih Jenis Project</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-8 Jalur Terbang I .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-9 Tinggi Terbang dan <i>Enhanced 3D I</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-10 <i>Advanced Settings I</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-11 Jalur Terbang II .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-12 Tinggi Terbang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-13 <i>Advanced Settings II</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-14 Ilustrasi <i>Perimeter 3D</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-15 Pemasangan <i>Premark</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-16 <i>New Project</i> Autodesk ReCap .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-17 <i>Search for Scanner</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-18 <i>Mode Scan Density</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-19 <i>Scanning</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar III-20 <i>Transferring</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-21 Jarak Validasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-22 Jendela Penyimpanan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-23 Foto hasil Akuisisi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-24 <i>Convert Reference</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-25 Proses <i>Align Photos</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-26 <i>Import</i> Berkas GCP dan ICP .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-27 <i>Pick</i> GCP dan ICP pada foto .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-28 Tampilan peletakan dan Error GCP ICP sebelum <i>optimize camera</i> ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar III-29 Parameter <i>Optimize Camera</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-30 Hasil dan Error <i>optimize camera</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-31 Hasil <i>Build Dense Cloud</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-32 Tampilan Awal Autodesk ReCap.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-33 <i>New Project</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-34 <i>Index Scan</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-35 Registrasi <i>Cloud to Cloud</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-36 <i>Merge Scan</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-37 Hasil <i>Merge Scan</i> data TLS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-38 <i>Tool Fence</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-39 <i>Select Point cloud</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-40 Hasil <i>Clip</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-41 Proses <i>Delete Point clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-42 Menu <i>Registration</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-43 Menu <i>make survey point</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-44 <i>Input</i> koordinat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-45 Titik Ikat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-46 RMS Georeferensi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-47 <i>Report</i> Georeferensi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-48 <i>Point clouds</i> bergeoreferensi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-49 Mengubah Tampilan <i>Point Clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-50 Tampilan sebelum kombinasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-51 <i>Point-pairs Picking Alignment</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar III-52 <i>Report</i> Hasil Kombinasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-53 <i>Filter Noise</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-54 <i>Compute Normal</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-55 <i>Poisson Surface Reconstruction</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-56 Contoh Jarak Validasi pada <i>Scan 2</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar III-57 <i>Capture Point Clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-1 <i>Point clouds</i> UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-2 RMSE GCP dan ICP .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-3 <i>Point clouds</i> TLS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-4 <i>Report Registration</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-5 Hasil <i>filtering</i> Manual UAV.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-6 Hasil <i>filtering</i> Manual TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-7 Perbandingan (a) Sebelum dan (b) Setelah <i>Filtering</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-8 Perbandingan kerapatan <i>point clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-9 Persebaran GCP dan ICP UAV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-10 Persebaran GCP dan ICP TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-11 <i>Point clouds</i> UAV dan TLS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-12 <i>Report</i> Kombinasi UAV dan TLS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-13 Perbandingan Tampak Atas (UAV, TLS dan Kombinasi)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-14 Perbandingan Tampak Depan (UAV, TLS dan Kombinasi) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-15 <i>Blank Spot</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-16 Analisis Densitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-17 Model <i>Mesh</i> dalam <i>Scalar field</i> Dan Grafik <i>Density</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-18 Perbandingan Model <i>Mesh</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-19 Perbandingan warna model <i>mesh</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-20 Perbandingan Model <i>mesh</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-21 Perbandingan hasil <i>enhance</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar IV-22 Grafik Perbandingan Jarak <i>Point clouds</i> dan Lapangan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>





## DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel II-2 Spesifikasi Leica BLK360.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel II-3 Kualitas dan Ketelitian Leica BLK360 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel II-4 Tingkat <i>Level of Detail</i> (LoD).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel III-1 Koordinat Situasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel III-2 Jarak lapangan dan <i>Point Clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel III-3 Koordinat ICP Lapangan dan <i>Point Clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel IV-1 Koordinat Poligon.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel IV-2 Analisis Visualisasi <i>Point clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel IV-3 Jarak Validasi Lapangan dan <i>Point clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel IV-5 Uji Validasi Jarak.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel IV-6 Koordinat ICP <i>point clouds</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel IV-7 RMSE ICP .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Asistensi.....	L-2
Lampiran 2 <i>Layout</i> Hasil .....	L-7
Lampiran 3 Hasil Perhitungan Data Terestris .....	L-10
Lampiran 4 <i>Report</i> Pengolahan UAV .....	L-20
Lampiran 5 Titik Georeferensi TLS .....	L-24
Lampiran 6 Jarak Validasi .....	L-29
Lampiran 7 Koordinat ICP .....	L-31

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1. Latar Belakang

*Point clouds* adalah kumpulan titik-titik yang memiliki informasi koordinat X, Y, Z (Otepka dkk, 2013). *Point clouds* digunakan sebagai kerangka dasar acuan 3 dimensi baik untuk pembuatan model 3 dimensi seperti *digital elevation model* (DEM), *digital surface model* (DSM), *modelling* atau *meshing*. Pentingnya peran *point clouds* ini mengartikan pentingnya mengetahui ketelitian dari pengukuran *point clouds*, karena semakin baik ketelitian dari *point clouds* yang didapat maka semakin baik pula hasil model 3 dimensi yang dibuat.

Data *point clouds* dapat diperoleh dengan berbagai macam cara, antara lain teknologi LiDAR (*Light Detection and Ranging*), dari data foto udara hasil Akuisisi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). Pemilihan metode ini tentu mempertimbangkan banyak hal seperti: ketelitian yang ingin didapat, dana yang tersedia, efektivitas dan tantangan yang dihadapi berdasarkan kondisi geografis wilayah. Pada setiap akuisisi data *point clouds* di lapangan tentu memiliki tantangan tertentu. Salah satu tantangan yang pasti dihadapi adalah berdasarkan kondisi geografis wilayah. Surveyor yang profesional tidak dapat menentukan atau memilih wilayah akuisisi data yang diinginkan, melainkan bertanggung jawab atas pekerjaan yang telah disepakati.

Kondisi geografis wilayah dapat bermacam-macam, sehingga perlu dilakukannya survei pendahuluan. Contoh tantangan berdasarkan wilayah geografis adalah wilayah yang sempit dengan objek yang tinggi. Akuisisi data lapangan dengan wilayah yang sempit dengan objek yang tinggi sangat memberikan tantangan karena pengambilan data lapangan mungkin saja dapat menggunakan TLS, namun akan sulit untuk mendapatkan bagian atas karena akses wilayah yang terbatas, begitu juga dapat menggunakan UAV akan sulit juga untuk mendapatkan detail objek dibagian samping, sehingga ini mendorong kreativitas surveyor bagaimana tetap untuk mendapatkan hasil data yang sempurna dengan kondisi wilayah tersebut. Oleh karena itu, peneliti memberikan solusi dengan mengkombinasikan data TLS untuk bagian bawah dan bagian atas menggunakan UAV dengan diharapkan dapat mendapatkan hasil data yang sempurna.

Pada setiap metode akuisisi data tentu memiliki karakteristik masing masing sehingga perlu diketahui apakah kombinasi metode ini memenuhi syarat ketelitian yang diinginkan atau tidak. Penelitian ini berfokus pada data *point clouds* foto udara hasil akuisisi *Unmanned Aerial Vehicle* dan teknologi *Terrestrial Laser Scanner*. Penelitian ini bertujuan membuat kombinasi *point clouds Unmanned Aerial Vehicle* dan *Terrestrial Laser Scanner*, kemudian dianalisis secara visualisasi dan ketelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Dekanat Lama Fakultas Teknik secara geografis terletak di 7°3'5,326" LS 110°26'24,373" BT, yaitu di Jalan Prof. Sudarto, Tembalang, Semarang. Gedung Dekanat Lama Fakultas Teknik Gedung Dekanat Lama Fakultas Teknik memiliki bentuk unik dengan gedung utama berada ditengah dilengkapi sayap kiri dan kanan. Gedung ini dikelilingi pohon dan berada di daerah dengan kontur yang bervariasi.

Pembuatan kombinasi ini dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan mengaplikasikan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* yang selanjutnya disebut UAV untuk akuisisi pada bagian atap Dekanat Lama Fakultas Teknik dengan menggunakan Teknik Fotogrametri. Teknik Fotogrametri merupakan ilmu, seni, teknik yang memperoleh informasi tentang objek di bumi melalui perekaman, pengukuran, penafsiran citra fotografik (Wolf, 1993). Ilmu Fotogrametri dapat menafsirkan sebuah foto menjadi beberapa informasi seperti, ketinggian, koordinat yang kemudian dapat berwujud beberapa *output* seperti, kontur, *Digital Elevation Model* (DEM), *Digital Terrain Model* (DTM), *Digital Terrain Model* (DSM) dan juga salah satu Teknik untuk membentuk 3D model yang dalam pemetaan sekarang tidak hanya 2D saja akan tetapi semakin berkembang ke arah 3D sehingga dapat lebih menggambarkan bentuk objek di bumi mendekati bentuk yang sebenarnya.

Akuisisi data pada bagian sisi Gedung Dekanat Lama Fakultas Teknik menggunakan Teknologi *Terrestrial Laser Scanning*, yaitu pemindaian objek di setiap berdiri alat dengan *output point clouds*. Hasil *point clouds* tersebut diregistrasi/gabung dengan metode registrasi *cloud to cloud*, yaitu metode registrasi dengan memilih titik-titik yang sama (*common point*) antara tiap scan dengan syarat 30-40% *overlap* (Quintero dkk, 2008). *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) merupakan alat teknologi terkini pengembangan metode terestris, yaitu pengambilan data langsung di lapangan memanfaatkan *Laser* yang merekam posisi pada titik tiap

detail objek yang diproses dalam bentuk *point clouds* yang kemudian biasanya diolah menjadi model 3D.

Hasil akuisisi data UAV kemudian diimport *software* Agisoft Photoscan yang kemudian dilakukan proses optimalisasi kamera, pembentukan *sparse cloud*, pembentukan *dense cloud*, dan di-export dalam bentuk *point clouds*. *Point clouds* UAV kemudian dikombinasikan dengan *import data* hasil akuisisi TLS yang telah diregistrasi pada *software* Autodesk ReCap sehingga terbentuk Kombinasi *point clouds* Dekanat Lama Fakultas Teknik. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan ketelitian *point clouds* dari kombinasi hasil akuisisi data UAV DJI Phantom 4 Pro dan TLS Leica BLK360.

## **I.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana analisis densitas dan pola *point clouds* Dekanat Lama Fakultas Teknik hasil akuisisi teknologi *Terrestrial Laser Scanner* Leica BLK360 dan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* DJI Phantom 4 Pro?
2. Bagaimana analisis validasi ketelitian *point clouds* hasil akuisisi teknologi TLS Leica BLK360 dan dan UAV DJI Phantom 4 Pro terhadap pengukuran lapangan menggunakan peralatan *Total station*?

## **I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui densitas dan pola *point clouds* Dekanat Lama Fakultas Teknik hasil akuisisi teknologi *Terrestrial Laser Scanner* Leica BLK360 dan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* DJI Phantom 4 Pro.
2. Untuk mengetahui validasi ketelitian hasil *point clouds* hasil akuisisi teknologi TLS Leica BLK360 dan dan UAV DJI Phantom 4 Pro terhadap pengukuran lapangan menggunakan peralatan *Total station*.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Aspek Keilmuan

Secara aspek keilmuan, penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam mengembangkan dan memberikan inovasi terhadap ilmu pengetahuan.

## 2. Aspek Kerekayasaan

Sedangkan dari aspek kerekayasaan, penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk bagi pengguna TLS Leica BLK360 dan UAV DJI Phantom 4 Pro dalam kombinasi *point clouds* terutama pada pekerjaan di daerah yang sempit.

### I.4. Pembatasan Masalah

Adapun Batasan Masalah penelitian ini antara lain:

1. Koordinat yang diperoleh dari pengukuran *Total station* tipe *Reflectorless* digunakan sebagai *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP) untuk pengikatan koordinat.
2. Akuisisi Foto Udara Bagian Atap Dekanat Lama Fakultas Teknik menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* DJI Phantom 4 Pro.
3. Akuisisi data sisi gedung dalam Dekanat Lama Fakultas Teknik menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner* BLK360 dengan metode *cloud to cloud*.
4. Kombinasi *Point Clouds* dari data hasil akuisisi menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* dan Foto Udara.
5. Analisis densitas, pola *point clouds*, dan validasi ketelitian

### I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini antara lain:

#### 1. Wilayah Penelitian

Adapun wilayah penelitian ini adalah Gedung Dekanat Lama Fakultas Teknik yang terletak di Jalan Prof Sudarto Tembalang Semarang dan secara geografis  $7^{\circ}3'5,326''$  LS dan  $110^{\circ}26'24,373''$  BT.

#### 2. Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini, yaitu:

- a. *Total station* Topcon GTS-1000
- b. UAV DJI Phantom 4 Pro
- c. TLS Leica BLK360
- d. *Workstation* HP
- e. Laptop HP
- f. *Premark*

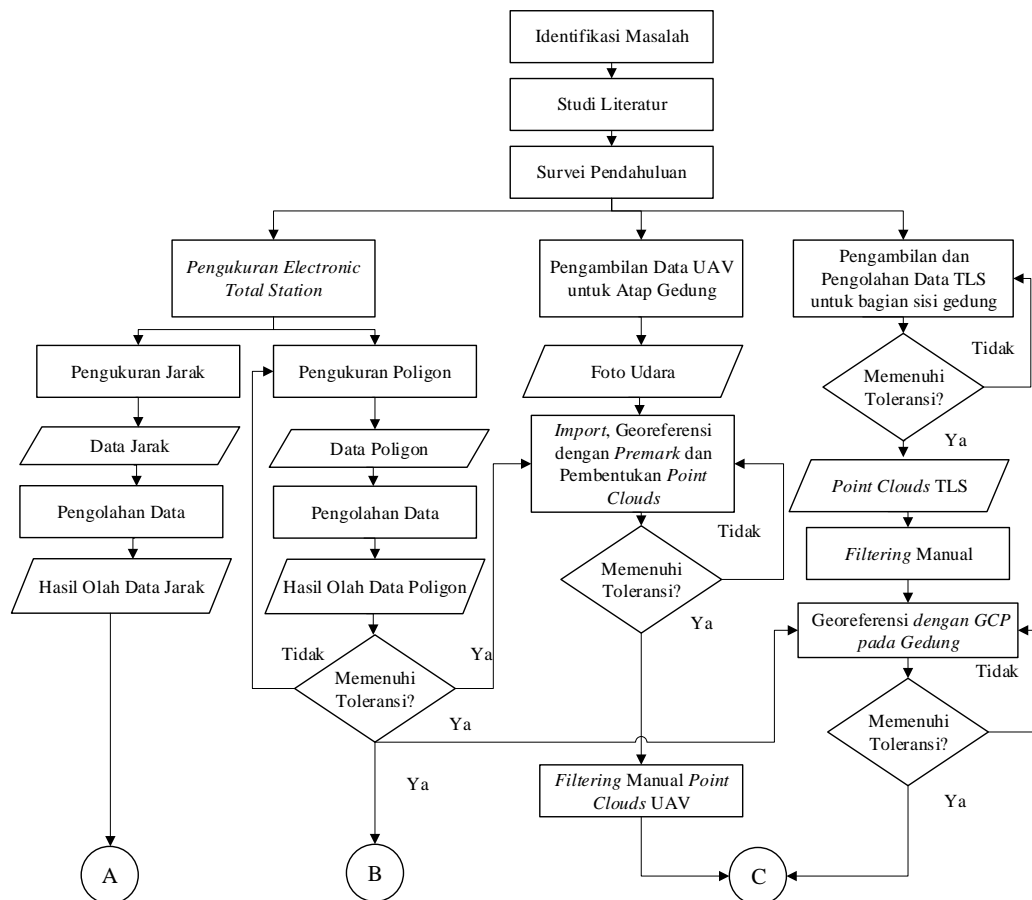
### 3. Data Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

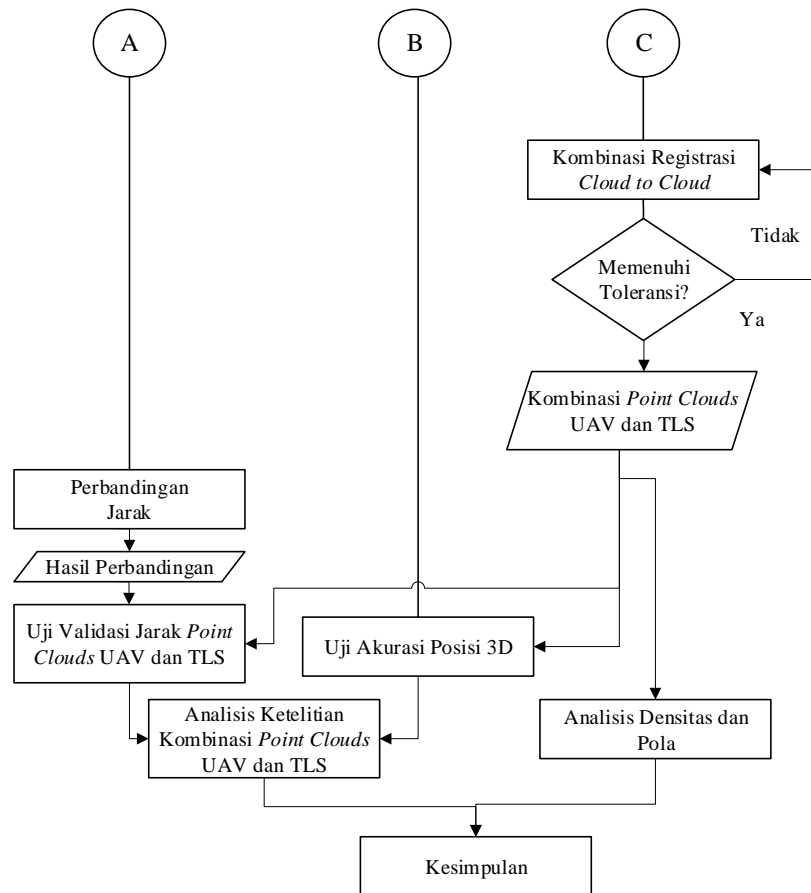
- Koordinat GCP dan ICP dari pengukuran lapangan menggunakan *Total station*
- Foto Udara Atas Gedung Dekanat Lama Fakultas Teknik dari akuisisi data menggunakan UAV DJI Phantom 4 Pro
- Point clouds* Sisi Gedung Dekanat Lama Fakultas Teknik dari akuisisi data menggunakan TLS Leica BLK360
- Data Validasi Jarak dari pengukuran lapangan menggunakan *Total station*

#### I.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang akan dilaksanakan pada penelitian ini terangkum pada **Gambar I-1**



**Gambar I-1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar I-1** Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

Berdasarkan **Gambar I-1**, metodologi penelitian yang akan dilaksanakan, yaitu:

1. Identifikasi masalah

Langkah awal yang perlu dilakukan sebelum melaksanakan penelitian adalah identifikasi masalah untuk menentukan masalah apa yang akan diselesaikan melalui penelitian.

2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari dan membantu peneliti untuk memahami konsep dasar tentang yang dibutuhkan dalam penelitian dan juga mencari penelitian terkini yang berkaitan dengan penelitian.

3. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan, bertujuan untuk melihat kondisi lapangan sehingga dapat menentukan titik poligon yang kelak akan digunakan sebagai GCP dan ICP serta pengukuran titik validasi, tinggi minimal untuk penerbangan UAV dan memperkirakan peletakan alat TLS.



#### 4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berasal dari beberapa akuisisi data, yaitu:

- a. Akuisisi data koordinat menggunakan *Total station* yang dilakukan dengan membentuk poligon.
- b. Akuisisi data foto udara menggunakan UAV pada bagian atap Dekanat Lama Fakultas Teknik
- c. Akuisisi data *Terrestrial Laser Scanner* pada bagian sisi Dekanat Lama Fakultas Teknik.

#### 5. Pengolahan Data

Pengolahan ini digunakan untuk membentuk *point clouds*:

##### a. Pengolahan Data UAV

Pengolahan UAV dilakukan menggunakan *software* Agisoft Photoscan dengan mengimport foto untuk diolah, kemudian digeoreferensi menggunakan *Premark* dan diexport dalam bentuk *point clouds*.

##### b. Pengolahan Data *Terrestrial Laser Scanner*

Pengolahan data *Terrestrial Laser Scanner* menggunakan *software* Autodesk ReCap dengan mengimport data hasil akuisisi ke Autodesk ReCap melakukan *index scan* agar *point clouds* siap untuk dilakukan pengolahan data *point clouds Terrestrial Laser Scanner* yang telah selesai diimport, diregistrasi ulang pada titik-titik yang memiliki kualitas registrasi kurang baik hingga memenuhi syarat parameter dan Georeferensi TLS dilakukan pada tahap akhir pengolahan menggunakan Titik GCP yang tersebar di Gedung.

##### c. *Filtering* Manual

Proses selanjutnya adalah proses *filtering*, yaitu pembuangan data yang dianggap *noise*. *Filtering* dilakukan pada data *point clouds Terrestrial Laser Scanner* dan data *point clouds Unmanned Aerial Vehicle*.

##### d. Kombinasi data *point clouds Unmanned Aerial Vehicle* dan *Terrestrial Laser Scanner* menggunakan metode *cloud to cloud* menggunakan *software* CloudCompare.

6. Uji Ketelitian

Kombinasi *point clouds* kemudian diuji ketelitiannya untuk melihat tingkat kesalahan dari pengukuran menggunakan Uji Validasi Jarak dan Uji Posisi Akurasi 3D.

7. Analisis visualisasi

Analisis visualisasi adalah tahap dimana menganalisis hasil kombinasi *point clouds* dilihat pada densitas dan pola *point clouds*.

8. Analisis Ketelitian

Analisis Ketelitian merupakan tahap menganalisis hasil uji ketelitian *point clouds* terhadap hasil pengukuran berdasarkan Uji Ketelitian.

**I.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir yang dituliskan terdiri dari bagian-bagian berikut:

**BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan tugas akhir.

**BAB II DASAR TEORI**

berisi tentang studi literatur atau dasar-dasar teori yang dijadikan acuan dalam penelitian ini meliputi kajian penelitian terdahulu, kajian geografis wilayah penelitian, *point clouds*, Teknologi *Terrestrial Laser Scanner*, TLS Leica BLK360, Fotogrametri, *Unmanned Aerial Vehicle*, Poligon tertutup, *Total station*, Sistem Referensi dan Georeferensi, Agisoft PhotoScan, Autodesk ReCap, CloudCompare, Standar Akurasi Model, Uji Validasi Jarak dengan *Total station* dan Uji Tingkat Ketelitian *Point clouds*.

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang penjelasan tentang metodologi yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari persiapan, akuisisi data, pengolahan data, analisis data, dan *layouting*.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab yang berisi tentang hasil dan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini.

## **BAB V PENUTUP**

Bab terakhir yaitu berisi tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan disini akan dijadikan jawaban untuk menjawab rumusan masalah dan saran dijadikan sebagai masukan kepada peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian lanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Hasanudin Z. 2000. *Beberapa Pemikiran tentang Sistem dan Kerangka Referensi Koordinat untuk DKI Jakarta*. Jurnal Surveying dan Geodesi. Vol.X. Hal 33-42.
- Adila, F. 2020. *Medium*. <https://medium.com/@faizal.adila/prinsip-cara-kerja-uav-ed0ba9e3df74> diakses pada tanggal 12 Maret 2020.
- Adminjogjasky. 2020. *Sejarah Perusahaan DJI*. <http://jogjasky.com/sejarah-perusahaan-dji/> diakses pada tanggal 27 September 2020.
- Agisoft. 2018. Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 1.4. Agisoft LLC.
- Akurasimisisurvey. 2020. *Cara Kalibrasi Total station*. <https://akurasimisisurvey.co.id/cara-kalibrasi-total-station/> diakses pada tanggal 23 September 2020.
- Albert J., Bachmann M. dan Hellmeier A. (2003): *Zielgruppen und Anwendungen für Digitale Stadtmodelle und Digitale Geländemodelle*. Erhebung im Rahmen der SIG 3D der GDINRW. <https://docplayer.org/20358349-Zielgruppen-und-anwendungen-fuer-digitale-stadtmodelle-und-digitale-gelaendemodelle.html> diakses pada tanggal 22 April 2020.
- Alkan dalam Zakaria, Aldino dan Handayani, Hapi Hapsari. 2016. *Studi Pemodelan 3D Menggunakan Terrestrial Laser Scanner Berdasarkan Proses Registrasi Target to Target*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ananingtyas, F., Prasetyo, Y., dan Suprayogi, A. 2016. *Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat Untuk Pemodelan 3d Wajah Manusia*. Jurnal Geodesi Undip.
- BIG. 2020. *Spesifikasi Teknis dari Peta Dasar untuk Penyusunan Detail Tata Ruang*.
- Cahyono, A.B. dan Ulinnuha R. 2016. *Analisa Ketelitian Dan Kesesuaian Pemodelan 3d Dengan Pendekatan Geometri Dan Teknik Structure from Motion (SfM) Pada Obyek Bangunan*. Jurnal ITS. Hal. 75-82
- CloudCompare. 2020. *CloudCompare User Manual*.

- DroneDeploy. 2020. *3D Models*. <https://support.dronedeploy.com/docs/3dmodeling-with-drones> diakses pada tanggal 23 Agustus 2020.
- Hadi, B. S. 2007. *Dasar- Dasar Fotogrametri*. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi UNY.
- Hutagalung A.P. 2017. *Analisis Ketelitian Data Pemodelan 3 Dimensi Dengan Metode Traverse Dan Metode Cloud To Cloud Menggunakan Terrestrial Laser Scanner*. Jurnal Geodesi Undip. Hal. 486-495.
- Indosurta. 2020. *Kalibrasi Total station, Total station Sokkia, Total station Topcon*. <https://alatukursurveysemarang.wordpress.com/2019/07/11/kalibrasi-total-station-topcon-sokkia-nikon-dll-085317153208/> diakses pada tanggal 23 September 2020.
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 95 Tahun 2017 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Aktivitas Profesional, Ilmiah dan Teknis Pokok Aktivitas Arsitekturan dan Keinsinyuran Analisis dan Uji Teknis Bidang Informai Geospasial.
- KampusUndip. 2020. *Finishing Pembangunan Fakultas Teknik Undip*. <http://www.kampusundip.com/2016/04/finishing-pembangunan-dekanat-fakultas.html> diunduh pada tanggal 12 Maret 2020.
- Khrisna, Yohanes. 2020. *Kalibrasi TLS Leica BLK360*. Wawancara 25 September 2020.
- LeicaGeosystem. 2020. *Leica BLK360 Imaging Laser Scanner*. <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/blk360>. Diakses pada tanggal 22 Agustus 2020.
- Maharani, Monica 2015. *Analisis Ketelitian Model Tiga Dimensi Bangunan Besar Yang Dihasilkan Dari Metode Fotogrametri Jarak Dekat*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Matlab. 2020. *Intro: Working with The Pointcloud Class in Matlab*. <https://www.geo.tuwien.ac.at/downloads/pg/pctools/publish/pointCloudIntro/html/pointCloudIntro.html>. Diakses pada tanggal 26 September 2020.
- Measurementsystem. 2020. *Topcon GTS-1000 Total station*. <https://www.measurementsystems.org/topcon-gts-1000-total-station>. Diakses 27 September 2020.

- Otepka, J., 2013. *Georeferenced Point clouds: A Survei of Features and Point clouds Management*. ISPRS International Journal Of Geo-Information. Hal 1038-1065
- Quintero, M. S., Genechten, B. V., Bruyne, M. D., Ronald, P., Hankar, M., dan Barnes, S., .2008. *Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning. Project (3DriskMapping)*.
- Recap. 2020. *About Quality Chart*. [help.autodesk.com/view-RECAP/2018/ENU/?guid=GUID-91810DA7-71F5-4C6C-989C-790455-B7C847](https://help.autodesk.com/view-RECAP/2018/ENU/?guid=GUID-91810DA7-71F5-4C6C-989C-790455-B7C847) diakses pada tanggal 13 Agustus 2020.
- Reshetyuk, Y. 2009. *Terrestrial Laser Scanning, Error Source, Self-calibration, And Direct Georeferencing*. Saarbrucken, Germany: VDM Verlag Dr. Muller.
- .
- Septifa, Irene. 2013. *Pengaruh Jarak Pemotretan Terhadap Ketelitian Koordinat Titik Cek Pada Teknik Fotogrametri Jarak Dekat Yogyakarta*: Gadjah Mada University.
- Sholichin, Muhammad. 2012. *Modul Aplikasi GIS: Remote Sensing Untuk Cathment Area*. Malang: Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya
- Soeta'at. 1994. *Fotogrametri Analitik*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Syaifullah, Arief. 2014. *Modul Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.
- Tjiang, H. 2016. *Istilah, Pengertian dan Jenis Drone*. <http://www.herrytjiang.com/istilah-pengertian-dan-jenis-drone/> diakses pada tanggal diakses pada tanggal 23 September 2020
- Wolf, P. R. 1993. *Elemen Fotogrametri Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yalcin dan Selcuk. 2014. *3D city Modelling with Oblique Photogrammetry Method*. Elsevier. Vol 19. Halaman 424-431.
- Zakaria, Aldino dan Handayani, Hepi Hapsari. 2016. *Studi Pemodelan 3D Menggunakan Terrestrial Laser Scanner Berdasarkan Proses Registrasi Target to Target*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Zonaspasial. 2020. *Ap aitu GCP dan Bagaimana penggunaannya.*  
<https://zonaspasial.com/2018/11/apa-itu-ground-control-points-dan-bagaimana-menggunakannya/> diakses pada tanggal 23 September 2020